

東北大学遺伝生態研究センター通信 No. 18別冊

著者	東北大学遺伝生態研究センター
発行年	1992-09
URL	http://hdl.handle.net/10097/49055



別 冊

東北大学 遺伝生態研究センター通信

1992. 9. No.18 別冊

特集 : 「微生物遺伝生態の探求」

特別講義シリーズ「微生物遺伝生態への道」について

東北大学・遺伝生態研究センター 服 部 勉

1. 趣 旨

20世紀の科学は、原子・分子の理論と情報の理論の著しい発展とその適用範囲の飛躍的拡大によって、大きく特徴づけられましょう。生物の研究は、この特徴をもっとも顕著に反映している分野のひとつに数えられると思われま

す。その発現の分子的機構として分子生物学理論の中核となっていることであります。しかしこうした20世紀生物研究の特徴も、生物学の全領域に充分浸透しているわけではありません。微生物生態もそうした領域のひとつであります。

個々の微生物の構造や活動が、DNA遺伝子分子のもつ情報とその発現によって大きく支配されていることは、いち早く分子生物学によって解明されましたが、野外に住む微生物の生態に関する研究では、まだこの基礎概念を適用し、その認識を飛躍的に発展させる点で十分な成功

目 次

特別講義シリーズ「微生物遺伝生態への道」について

..... 東北大学・遺伝生態研究センター 服部 勉	1
低栄養微生物をめぐって	
低栄養細菌と海	東京大学・海洋研究所 芝 恒男
オリゴトロフから地球上での生きる作法を学びたい	香川大学・農学部 佐藤優行
1992・低栄養微生物研究会に出席して	東京農工大学・一般教育部 森川和子

を収めておりません。これまでの生物化学や分子生物学は、微生物を研究する時、主として増殖状態のモデル微生物をもっぱら用いてきました。その背景には「増殖こそは微生物のもっとも本質的な現象であり」、「特定微生物でえられた真理はあらゆる生物にとっても真理である」などという信念があったように思われます。しかし野外に住む微生物にとっては、増殖以外の生存状態もまたきわめて重要な意味をもっています。時間的には、非増殖状態にいることの方が圧倒的に長いともいえましょう。また、微生物間の構造的、機能的微妙な違いが、その生態的行動にきわめて大きな意味をもつ可能性もあります。さらにまた、絶えず変動する環境条件の中で多種類の生物が共存する系には、これまで考えも及ばなかった諸問題が秘められている可能性もあります。こうした諸課題に挑み、ひとつひとつ解決しながら、微生物についての新しい理解、理論を建設すること、これが微生物遺伝生態の基本目標であると考えられます。

21世紀を待たずしてこの微生物遺伝生態を確立することが、私たちの当面する課題であります。この課題実現の努力の中で、これまでの微生物研究の過程ですでに観察されたり気づかれたりしてきた貴重な諸現象で、主流的関心からはずされ埋もれてしまった多くの現象の発掘と再評価、さらには最新の理論によってそうした現象の解明を発展させることが重要な手がかりを与えてくれる可能性があります。また、今日までに達成された分子生物理論を基礎にしながら、野外微生物解明の新しい可能性を探究することも重要でありましょう。このようにして確立される微生物遺伝生態は、地球環境と生物との間の多様で壮大な交互作用に関する新しい生命科学の出発点ともなることが期待されます。

ここに企画しました特別講義シリーズは、20世紀微生物研究の諸局面で豊富な経験をされた方々を講師としてお迎えし、その話題を中心に微生物に関するより深い認識、微生物遺伝生態の確立をめざすべく、色々な世代の方々の間の知的交流の実現を意図したものであります。広範な方々のご来席をお待ちいたします。

2. 第一回講義の日程と概要

本連続講義の第1回目は、自然環境中の微生物活動の調節と密接な関係をもつリン酸飢餓現象と関連して、下記の講義を計画いたしました。

講 師 中田篤男氏 大阪大学微生物病研究所 教授

テーマ 大腸菌のリン酸レギュロンの研究
—無機リン酸飢餓に対する適応応答機構—

日 時 1992年11月9日(月)14時より
(講義後講師を囲んで懇談の予定)
11月10日(火)9時30分より
(講義後、質問・討論の予定)

講義参加ご希望の方は、講義室などの準備の都合上、本研究センター共同利用掛(TEL 022-227-6200内線3130)へ、10月末日までにご連絡ください。

<講義の概要>

リン酸レギュロンとは、大腸菌の培養液中から無機リン酸を除いたときに発現が誘導される一連の遺伝子群の総称で、その遺伝子産物はアルカリ性ホスファターゼを始め十数種の蛋白質が知られている。この研究は、(1)それらの蛋白質をコードする遺伝子群は染色体上で離れた場所に存在するのに、それらがどのようにして同時に調節されているのか?という遺伝子発現調節機構の解明から出発し、(2)それら複数の蛋白質がどのような機能をもってどのような役割を演じているのか?という生理学的な問題へと広がっていった。これらの研究結果から、リン酸レギュロンはリン酸欠乏という環境変化に対する大腸菌の適応応答機構であるという結論をえた。生物がいかに敏感に環境の変化を感知するか、そして、いかに緻密なしくみでそれに対応するか、という生命のしくみの精巧さを改めて認識させるものであった。

(1)遺伝子発現の調節機構については、ジャコブとモノーによって提唱されたオペロン説がいわゆる負の制御機構であるのに対して、この調節系は正の制御機構である。類似の制御系が原核生物で次々と見つかってきて、制御系の一つ

タイプといえるところまで研究が進んできた。また、(2)これまでに見つかっているリン酸レギュロン遺伝子群の遺伝子産物の多くは無機あるいは有機リン酸の能動輸送系で、それらの構成は

ヒスチジン（ネズミチフス菌）やマルトース（大腸菌）の能動輸送系と多くの面でよく似ており、このタイプの能動輸送系も現在盛んに研究されている。（中田 篤男）

低栄養微生物をめぐって

1992年4月21、22日、本研究センターで「低栄養微生物研究会」が開かれた。以下は、研究会出席者の有志の会後に寄せられた意見・感想

である。近い将来、わが国におけるこの分野の研究成果をまとめ、関連分野の方々のご検討をお願いしたいと願っている。（服部 勉）

低栄養細菌と海

東京大学・海洋研究所 芝 恒 男

低栄養細菌について、私自身は研究を行っていませんので、漠然とした感想あるいは疑問を述べてみたいと思います。

海洋で低栄養細菌が問題となったのは、Carlucci and Shimp (1974)が、有機物を添加しない寒天だけの平板培地を用いた方が、通常の寒天平板培地よりもはるかに多くの細菌を計数出来ると報告したあたりからだと思います。海水中の溶存有機物が、0.5mg C/liter 程でしかないことや、通常の寒天平板培地上でコロニーとして計数される細菌が、海、特に外洋の場合、顕微鏡下で観察される細菌数の1/1000程でしかないことが古くから知られていたものですから、海洋微生物研究者の関心が、低栄養微生物に向けられたのも当然かも知れません。

しかしながら、Carlucci and Shimp のデータが提起した問題は、低栄養微生物が存在する可能性だけではないように思います。通常の寒天培地に含まれるペプトンの毒性や選択性、さらには低栄養環境からいきなり高栄養環境にさらされた時のショックなどが考えられると思います。

低栄養細菌を定義する際に、培地素材としてペプトンを使う事の有効性は、今回の研究会で

も議論されました。Akagi et al (1980)は、10 mg C/liter のペプトン濃度では、低栄養細菌のみが増殖し、通常の従属栄養細菌は増殖しないことを報告しましたが、後になって、Martin and MacLeod (1984)が、10mg C/liter のペプトンで増殖できなかった Akagi らの菌も、同じ濃度のグルタミン酸やコハク酸で増殖することを報告しています。Martin and MacLeod の仕事は、培地素材として用いた10mM MOPS (Good's Buffer)の資化性についての実験が不十分にしても、培地素材を換えることで、低栄養濃度での増殖特性が変化する可能性を示しています。また高濃度ショックについては、Kogure et al (1979)が、通常寒天平板培地で分離された *Pseudomonas* 108を、無機海水中で4週間も懸濁培養すると、全体の15%ほどしか寒天平板上で増殖しなくなるが、通常培地のペプトン濃度の1/20の酵母エキスを含む海水中で増殖する細菌は、寒天平板法で計数される細菌よりも2倍以上も多いことを報告しています。

「低濃度培地で生えて、高濃度培地で生えない」、または「低濃度培地の方が、計数される細菌数が多い」などは、確かに低栄養細菌の存在を示唆する魅力的現象のように思えます。

またいくつかの面白い生理学的特徴も発見されています。しかしながら、これら二つの現象と「低栄養細菌」の問題とを余りにも強く結び付けて考えてしまうと、指摘した培地の選択性や高濃度ショックなど、現象がわれわれに提示している海洋微生物の他の問題点を忘れてしまうことになりそうです。

- Akagi, Y., Simidu, U. and Taga, N. (1980)
Growth responses of oligotrophic marine bacteria in various substrate concentrations, and taxonomic studies on them. *Can. J. Microbiol.*, 26, 800-806.
- Carlucci, A. F., and Shimp, P. L. (1974) Isolation and growth of a marine bacterium in low concentrations of

substrate. In *Effect of the Ocean on Microbial Activities* (ed. R. R. Colwell and R. Y. Morita), pp. 363-367. University Park Press, Baltimore.

- Kogure, K., Simidu, U. and Taga, N. (1979)
A tentative direct microscopic method for counting living marine bacteria. *Can. J. Microbiol.*, 25, 415-420.
- Martin, P., and MacLeod, R. A. (1984)
Observations on the distinction between oligotrophic and eutrophic marine bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.*, 47, 1017-1022.

オリゴτροφから地球上での生きる作法を学びたい

香川大学・農学部 佐藤 優 行

私が微生物を「師匠」と仰ぐようになった直接のきっかけは、約15年前、栗原 康先生の「有限の構造」(「創造の世界」23号1977年)に出会った時でした。それ以来、人間のように大脳(浅知恵)に依存した生き方は地球上でのサバイバルという目的から外れているのではないかと、遺伝子を頼りに何十億年生きてきたサバイバルの達人である微生物に生きる作法、死ぬ作法を謙虚に学ぶ必要があるのではないかと、という思いにとりつかれてきました。ここにこそ微生物学の目標があると考えようになりました。

まず、死ぬ作法を学びたいと思い、約10年近く微生物細胞の自己解体機構について取り組んできました。その研究は私の恩師大橋 力先生たちによる仮説「プログラムされた自己解体モデル」(「科学基礎論研究」68号1987年)を少しでも実証しようとするものでした。その仮説は、細胞は生きるためのシステムだけでなく、死ん

だ後自分の体を自ら積極的に解体して、環境の原状回復に寄与しているのではないかと、そういう目的を担った自己解体機構があらかじめプログラムされているのではないかと、といったものです。残念ながらたいした確証を得るに至っておりません。でもあとかたずけをせず地球に迷惑をかけっぱなしの人間は微生物の死ぬ作法を習わねばならないと思います。解体して元に戻すことに価値を置いた「解体の文化」を築かねばならないと思います。

つぎに、生きる作法を学びたいと思いました。その「師匠」としてオリゴτροφが最もふさわしいと考えます。10年ほど昔、友人からこんな話を聞きました。アメリカのある生態学者の推定によると、「地球上の全バクテリアたちは平均すると1年間に4回くらいしか分裂していない」という話です。これがどの程度当たっているかは定かではありませんが、これを聞いて私

は、自然環境の多くがいかに乏しい栄養状態にあるか、そんな条件下でも長期間死なずに生きておれる微生物がいかに多いか、ということに改めて強い感銘を受けました。さらに服部 勉先生の「微生物学の基礎」(学会出版センター、1986年)により、私たち実験室の微生物屋がいかに偏った微生物観を持っているかということを感じ知らされました。目から鱗が剥がれたような気持ちでオリゴトロフの存在が強く焼き付くようになりました。

オリゴトロフの魅力の第一は、彼らが控えめで慎ましく、しかもゆったりと生きている点です。あくせく働かず、決して増え急がず、競争せず、栄養豊富な培地では増殖しないものさえ多く見られます。私たち人間はまったく逆な生き方に奔走して自滅への道を進んでいるように見えます。第二は、彼らの遅しさです。極めて僅かな栄養があればそれを利用できる能力を

もっています。ですから他の生きものが食べ尽くした後の残り物で十分生活でき、さらに栄養がほとんどなくても相当長い間生命を維持できる特殊な能力も持っているのではないのでしょうか。もしかしたら物理的・化学的に厳しい環境にたいしてもすばらしい抵抗力をもっているかもしれない。そんなわけで彼らは、密やかな生き方だけれど、食物で他の生きものと競争しなくてよいこともあって、長い間途絶えることなく遅く生き続けることができたのではないかと想像しています。

これから実験を通じてオリゴトロフのほんとうの生きざまを少しでも明らかにできればいいなと思っています。彼らの生きる姿から、地球に生きるものの掟みたいなものが見えてくるのではないかと期待しています。それは人間にとっても大事な生き方の指針になるにちがいないと思っています。

1992・低栄養微生物研究会に出席して

東京農工大学・一般教育部 森 川 和 子

今年二度目のお花見ができるとは夢にも思わなかった仙台。1992年の低栄養微生物研究会が満開の桜のもとで行なわれた。1980年8月にOligotrophics No.1が発行されてから、10年以上の歳月が過ぎている。1980年の5月に“培地中の有機栄養炭素の量が1ppm以下の条件で増殖する微生物をoligotrophs、低栄養微生物と呼ぶことにする”と言う用語統一がなされ、微生物生態学研究に新たなページがつけ加えられていった。この研究会に私が参加したきっかけは、折から多摩川の上流域において平板法を用いて細菌群集の計数を行っており、自然界の細菌群集の挙動は大腸菌で代表されるものとは異なるのではないかと言う漠然とした疑問を持ち始めていたことによる。

河川は山間部にその源を発し、長い道のりを経て海域に注ぐ。河川の汚濁問題がマスコミの紙面を騒がせて久しくなるが、本来、河川は“川3尺流れれば水清し”と言われているように、清涼でそのまま飲料水にできるような水をたたえていた。大昔、人類は河川の流域に居を構えここから飲み水を得、洗濯をしていたものである。この清涼な水の源をたどると、木立に覆われた山間部の谷間にたどりつく。雨水は谷へ向かって流れていき、また樹木や木の葉を伝わって土壤に浸透していく。この水が集まって、あちらこちらで湧水となり河川は次第に育っていく。河川の上流域ではこのような雨水や湧水をもとにした水が豊富に流れているため、昨今近郊の河川敷で見られる都市河川の状況とは様相

を異にしている。

この様な河川の上流域における微生物の生活は、何によって支えられているのだろうか。河川の上流域の河床の石の上には微細藻類や細菌からなる付着微生物膜がある。ここに生息している細菌はその従属栄養源を河川そのものの系に依存している。これら細菌群集の生態を調査解析したところ、細菌群集の数の変動は付着層を構成している微細藻類の量の変動と一致しており、そこに優占してくる細菌群集の種類構成の多様度も微細藻類の量によって規定されていることが明らかとなった。さらに際だった細菌の優占種の消長が、ある種の微細藻類の消長に符合していることも明らかになった。河床の微細藻類が生産する光合成代謝産物が、河床の細菌群集の従属栄養源として利用されていることをうかがわせる結果である。

では河川水を流れている細菌群集はどのような生活をしているのであろうか。河床の付着膜を構成している細菌群集の数を単位体積当たりでみると、上流域と中流域では大きな違いが認められないのに対して、河川水を流れていく細菌数の密度は上流域から河川を下るに従って、どんどん高くなる。ところでこの細菌密度の増加の傾向は水中の有機物濃度の増加と符合する。前記の結果を得た上流域での河川水中のDOCで表される有機物濃度は1ppm以下であるが、これは低栄養微生物の定義に示された培地中の有機物濃度にはほぼ匹敵する。つまり河川の上流域を流下していく細菌群集はその生息環境から低栄養細菌と呼ばれる仲間である可能性が高いと言えよう。ここ数年研究が続けられる偏性低栄養細菌に関するデータをみると、河川における細菌群集からもこの様な偏性低栄養細菌の存在が関わっても不思議ではないと思う。

このように河川という自然環境をみると、そこには河床の付着性微生物群集とその上を流れる河川水中を漂流する微生物群集の2つの微生物群集の存在が考えられる。これらは、河川水

中の微生物群集が付着層形成の初期に足場の役割を果たしたり、また、付着微生物群集が剥離して河川水を流れて行くというような相互関係を保ちつつ、独自の生活を維持している。その意味から、上流域の河川環境は低栄養微生物の一つの生息場所であり、そこから分離される微生物は“低栄養微生物”と言う範疇にはいると考えられる。それ故、これら細菌群集を構成する個々の細菌種の分類学的位置付けを明らかにすることによって、自然界に生息するより多様な微生物群集の存在に出会うことになるであろう。それには昨今長足の進歩を遂げている16SリボソームRNAの塩基配列の比較やDNAの塩基配列の決定など、分子レベルでの解析結果を含めた分類学的な検討が必要である。低栄養微生物研究会が、広く自然環境を対象として、分子レベルでの解析結果をも含めた細菌種の記載をしていくことに精力を注ぐ時期が到来しているのではないだろうか。

東北大学遺伝生態研究センター通信No.18別冊

平成4年(1992年)9月

編集・発行 東北大学遺伝生態研究センター

〒980 仙台市青葉区片平二丁目1-1

電話 022-227-6200 (代表)

共同利用掛 (内) 3130

FAX 022-263-9845

● は、東北大学遺伝生態研究センターの
IGE シンボルマークです。

● IGEは、Institute of Genetic Ecologyの
略称です。